

実験小動物の化学的体構成の遺伝的改良における生体密度の有効性

著者	高嶋 ゆかり
号	356
発行年	1986
URL	http://hdl.handle.net/10097/15966

氏 名(本籍) ^{たか}高 ^{しま}嶋 ゆ か り

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 博 第 356 号

学位授与年月日 昭和 62 年 3 月 25 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 1 項該当

研 究 科 専 攻 東北大学大学院農学研究科
(博士課程) 畜 産 学 専 攻

学 位 論 文 題 目 実験小動物の化学的体構成の遺伝的
改良における生体密度の有効性

論文審査委員 (主 査)

教授 水 間 豊 教授 正 木 淳 二

教授 堀 口 雅 昭

論文内容要旨

はじめに

近年、畜産物に含まれる脂肪の量に対する関心が著しく高くなっている。このため、豚においては、脂肪をつけずに、飼料を効率よく赤肉に転換することが要求されている。そのような系統を、遺伝的に作り出すには、屠体について選抜をする必要があるが、多くの家畜を屠殺して調べなければならず、手間や時間を多く要する。したがって、生体の外側から、体脂肪を推定する方法が必要である。家畜の生体の脂肪を推定するものとして、超音波による皮下脂肪の測定がある。しかし、西田の研究結果から推論すれば、背脂肪の厚さだけでは、体全体の脂肪を正確に推定できるとは限らない。そこで、本研究では生体密度を指標とした個体選抜によって、脂肪割合の遺伝的な改良が可能か否かを明らかにすることを目的とし、実験動物を用いて研究を行った。

まず、第1章では生体の密度を正確に測定するのに必要な体積計の精度および密度と化学的体構成との関係についての動物側の要因を検討した。次に、第2章では、生体密度と化学的体構成の遺伝的パラメーターを推定し、生体密度で選抜したときの体脂肪の改良量を予測した。さらに、第3章ではマウスを用いて生体密度の大方向(H)と小方向(L)に選抜し、選抜効果を統計的に分析した。最後に、第4章ではHとL系統間にマウスの体脂肪割合の差が生じたかを点検するとともに、脂肪細胞の大きさと数および飼料のエネルギー転換効率を比較した。主要な結果を要約すると下記ようになる。

第1章 生体密度による化学的体構成推定の検討

1. 密度は体重を体積で除した値である。したがって、生体の体積を体積計により正確に測定することが必要である。このため、体積計の測定精度がどの程度であるかを検討しておかなければならない。当教室で実験動物用に開発した体積計を、図-1に示す。本装置の体積測定之感度を検討した結果、動物を入れる容器の残気量を極力減少させ、一方で減圧する方の容器の体積を、正確に決めることによって、体積計の精度を、有効数字が小数以下2位である体重計の精度とほぼ同程度にすることができた。また、大気圧の日変化による影響を除去するために、毎日、鉛の既知体積の、体積計の平衡圧に対する標準曲線を作成して、体積を求めた。

2. 体積計そのものの感度は上がったとしても、密度から体の化学的体構成がどの程度正確に推定できるかについて、動物側の要因を検討することが必

要である。成長にともなう密度の変化をみると、個体の密度を規定している要因は、週齢よりも体重であることが明らかになった。そこで、体重の増加にともなう化学的体構成と密度の推移を調べた（図-2）。その結果、成熟期が近づくと、灰分割合はほぼ一定であるが、蛋白質割合、水分割合が減少方向に向かい、その減少した割合がすべて脂肪割合の増加に置き変わり、密度は急激に減少し始めることが分かった。したがって、この時期の体重より大きくなれば脂肪割合の多い少ないが、密度に反映し易いと考えられた。この条件に合う体重は、ハムスターでは90 g以上であること、マウスにおいては、当教室の森の研究から、雄は30 g以上、雌は20 g以上になれば良いと考察した。なお、ハムスターでみると、体積測定前の29時間の絶食は、消化管内容物を飽食時の半分にまで減少させるが、一方で、蓄積体脂肪の割合を減少させることが明らかになった。このことから、消化管内容物を減らし、しかも蓄積脂肪をなるべく消費させないためには、これらの小動物が活動しない日中の6時間の絶食がよいことを明らかにした。これらのことから、密度の測定は、上記の条件下で実施した。

第2章 生体密度と化学的体構成の遺伝的パラメーター推定と選抜反応の予測

1. 体積計による体積の測定の精度および条件が明らかになったので、測定した密度による選抜が体の構成の改良に効果があるか否かを検討するために、生体密度の遺伝率を、分散分析法と親子回帰法により推定した。ハムスターは、3集団について推定したが、線型モデルに含まれる主効果の種類や数によって、遺伝率が0.2～0.8の範囲にばらついた（表-1）。マウスは、1集団についてだけであるが、測定個体数が多く離乳前後の母数効果も小さかった。その結果生体密度の遺伝率は0.1～0.3と低いが、推定範囲が集中しかなり信頼できる推定値となった（表-2）。

2. 化学的体構成の遺伝率および密度との遺伝相関は、分散分析法により推定した。脂肪割合の遺伝率は、ハムスターが0.43～0.52、マウスは0.39と、ハムスターのほうがやや高いがほぼ同じ推定値であった。脂肪割合と生体密度の遺伝相関は、ハムスターは-0.51～-0.97と、推定範囲が大きかった。マウスでは、表型相関が-0.6と低かったにもかかわらず、遺伝相関は-0.71と高い値が推定された。

3. 生体密度の選抜による脂肪割合の間接選抜反応は、 $CR_F = i \cdot h_D \cdot h_F \cdot r_{GD \cdot F} \cdot \sigma_F$ の式に1. と2. で推定したパラメーターを代入して予

測した(図-3)。その結果、ハムスターにおいて、最高で1世代当り 1.5 ~ 3%の脂肪割合の変化が、最低で1世代当り 0.5%~1%が期待できると予想された。しかし、ハムスターの離乳頭数が4頭で、密度と体脂肪の遺伝相関がマウスと同じ、 -0.7 であれば、1世代当りの脂肪割合の変化は、マウスの離乳頭数が8頭の時の1%前後の変化に匹敵することが明かとなった。

以上のことから、生体密度の選抜によってハムスターもマウスも脂肪割合の間接選抜が可能であることが示唆された。ただし、マウスでの生体密度の遺伝率および生体密度と脂肪割合の遺伝相関はハムスターより低い、マウスは、容易に8頭の離乳頭数が確保できることから、ハムスターを用いるよりマウスで選抜を実施したほうが、確実であると結論した。

第3章 マウスにおける生体密度大および小への選抜

1. マウスを用いて生体密度の大方向(H)と小方向(L)についてそれぞれ2区を置く2反復ずつの個体選抜を行った。基礎集団は、交雑系であるICRマウス雄500頭、雌504頭から成り、交配は毎世代8週齢で、雄13頭、雌26頭で行い、産子は8頭に制限した。そして、3世代まで選抜した。この選抜法によれば、基礎集団からの選抜は選抜強度が雄は2.4、雌が1.8と非常に高くなった。1世代目では、H系とL系の間で有意差は認められなかったが、2世代目から有意差がみられ、3世代目には、雄はH系1.078、L系1.069、雌はH系1.084、L系1.073となり、さらに差が開いた(図-4)。H-L系統間分散は、系統内反復間の分散に比べ、非常に大きく選抜の効果が明確になった。また、密度選抜の実現遺伝率は、H系、L系ともに 0.12 ~ 0.14 で非常に近い値となった。また、雄の実現遺伝率は5%水準で、雌は1%水準で有意となり、ほぼ一致した値となった(表-3)。

2. 生体密度の相関反応として、増体速度はL系が、H系よりやや大きくなった。また、繁殖形質については、母親の泌乳能力を反映する離乳時体重は、L系の方が有意に高かった。しかし、分娩率、離乳頭数には有意差はなかった。

第4章 生体密度大および小系における化学的体構成、脂肪細胞の直径と数、飼料のエネルギー転換効率の比較

1. 生体密度による選抜効果は明確になったので、H系とL系間のマウスの

化学的体構成を選抜世代に伴って比較した。生体密度の差が有意に開いた2世代目で、脂肪割合と水分割合に有意差が認められた。3世代目では、その差はさらに広がった。系統間で比較すると、L系はH系より、3%脂肪割合が高く、水分割合が2%、蛋白質割合は1%低かった(表-4)。選抜反応を考慮した密度との遺伝相関は、水分割合は0.52、脂肪割合は-0.72で、ランダム集団から推定した値と非常に近い値であった。

2. 3世代目の8週齢の雄では、L系のほうが体重が4gほど大きく、精巢上体周囲脂肪はH系の2倍近い重量であった。精巢上体周囲脂肪細胞の数は、系統内の個体間にもかなり変動があり、系統間には差がみられなかった。脂肪細胞の直径はL系の方が大きかったので、精巢上体周囲脂肪の重量の系統間差は、脂肪の直径の差に起因すると考えられた(表-5)。

3. 3世代目の雄について4週齢から6週齢の飼料のエネルギー転換効率を3種類の摂取エネルギー(GE, DE, ME)に対する3種類の蓄積エネルギー(総、脂肪、蛋白質)の9通りの回帰として、H-L系統間で比較した。どの摂取エネルギーで比較しても、また、どの蓄積エネルギーに対しても、飼料のエネルギー転換効率は、L系の方が効率がよかった(図-5)。

以上の結果をみれば成長のある時期を捉えた生体密度の選抜によって、体の脂肪割合を変化させることができると結論される。

表-1 ハムスターの線型モデルによる生体密度と到達日齢の遺伝率と遺伝相関

分析手法	線型モデル	集団	父	母	子	90g時生体 密度	90g到達 日齢	遺伝相関
分散分析 ①	$y_{ijk} = \mu + S_i + D_{ij} + e_{ijk}$	3	10	25	102	0.57 ± 0.25	0.87 ± 0.31	0.83
②	同上	2	9	21	95	0.26 ± 0.19	0.68 ± 0.30	0.86
③	$y_{ijk} = \mu + S_i + D_{ij} + G_k + SE_i + e_{ijk}$	1, 2, 3	33	66	256	0.75 ± 0.15	0.68 ± 0.15	0.74
回帰 ④	$y_{ijk} = \mu + S_i + \beta (X_{ij} - \bar{x}) + e_{ijk}$	1→2	10	22	50	0.49 ± 0.24	0.77 ± 0.22	-
単回帰 ⑤	$y_{ijk} = \mu + \beta (X_{ij} - \bar{x}) + e_{ijk}$	1→2	10	22	102	0.18 ± 0.19	0.35 ± 0.16	-
⑥	同上	1→2	-	22	50	0.44 ± 0.14	0.58 ± 0.13	0.95
分散分析	$y_{ijk} = \mu + S_i + D_{ij} + e_{ijk}$	4	10	28	109	0.45 ± 0.2	0.61 ± 0.23	-

表-2 マウスの分析方法による一定体重時密度と到達日齢の遺伝率と遺伝相関

		体重	到達日齢	遺伝相関
分散分析	Fixed effect なし	0.33±0.15	0.76±0.19	0.22
	性	0.32±0.23	0.84±0.17	0.18
親子回帰	父内母 - 子	0.11±0.10	0.82±0.22	0.57
	両親 - 子	0.01±0.07	0.21±0.08	
	母 - 娘	0.07±0.12	0.62±0.34	

表-3 密度の実現遺伝率の推定

			反復内	群内	全体
雄	密度高系	H1	0.03		
		H2	0.20	0.12	
	密度低系	L1	0.14		
		L2	0.10	0.12	0.12±0.04 *
雌	密度高系	H1	0.06		
		H2	0.22	0.14	
	密度低系	L1	0.27 * ^{a)}		
		L2	0.01	0.13	0.14±0.03 **

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

a) 反復間の有意差

表-4 生体密度大小系の3世代目の化学的体構成の比較

	H1	H2	L1	L2	H	L
水分 (%)	67.8	67.6	65.4	65.9	67.7	65.7 **
脂肪 (%)	9.0	9.0	12.3	11.7	9.0	12.0 **
蛋白質 (%)	19.6	19.7	18.8	18.8	19.7	18.8 **
灰分 (%)	3.6	3.6	3.4	3.4	3.6	3.5

** $p < 0.01$

表-5 生体密度大小系の3世代目雄における体重、精巣上体、脂肪細胞の直径と数の平均と標準偏差

		H1	H2	L1	L2
8週齢体重	(g)	37.3	36.7	40.0	40.4
精巣上体重量	(mg)	691±354	690±418	1438±670	1325±511
脂肪細胞	直径(μ)	68.0±10.15	67.6±16.0	92.4±15.9	87.8±12.9
	数(×10 ⁶ 個)	3.86±0.95	3.67±1.12	3.27±0.71	3.82±1.83

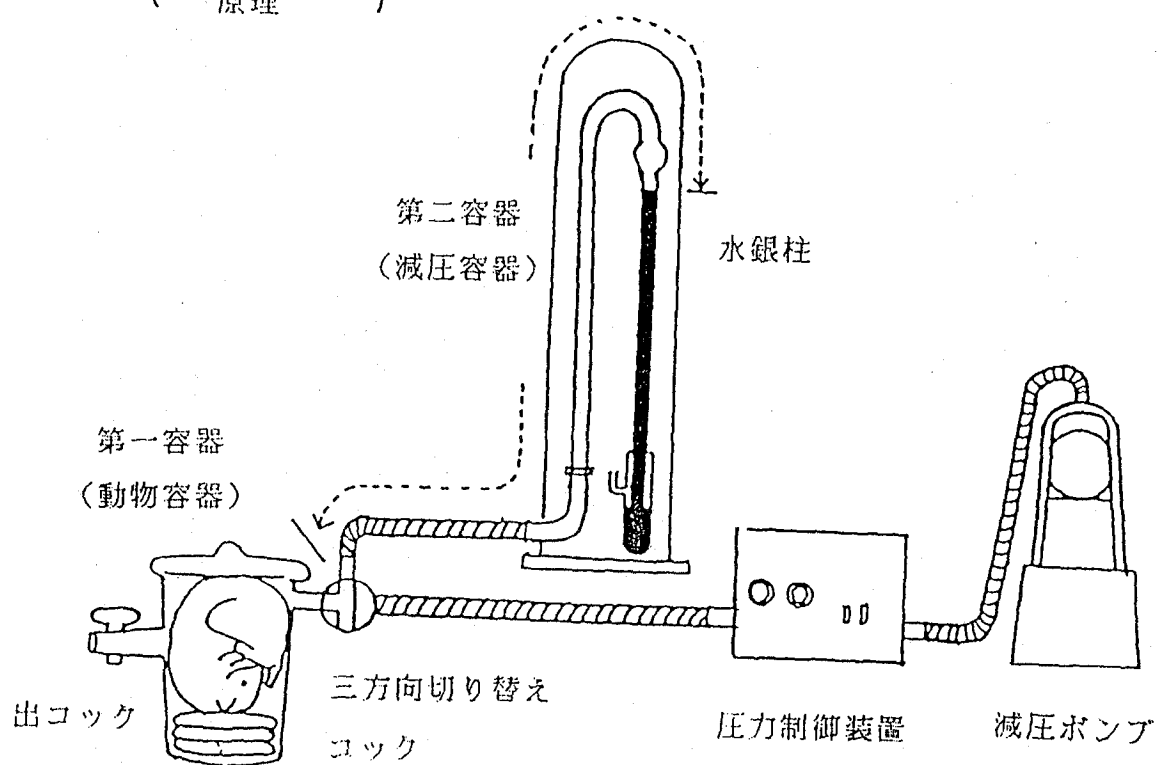
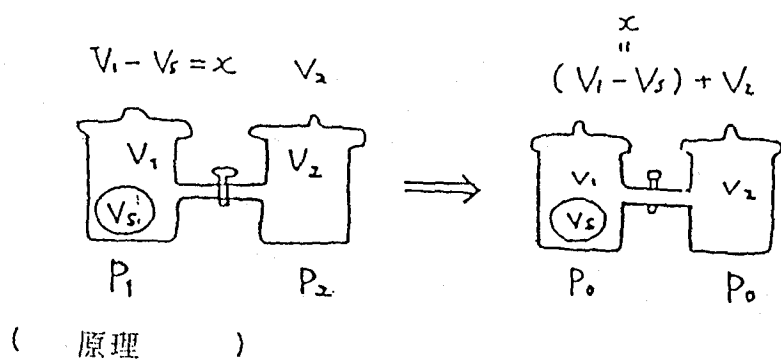


図-1 体積計の概略図

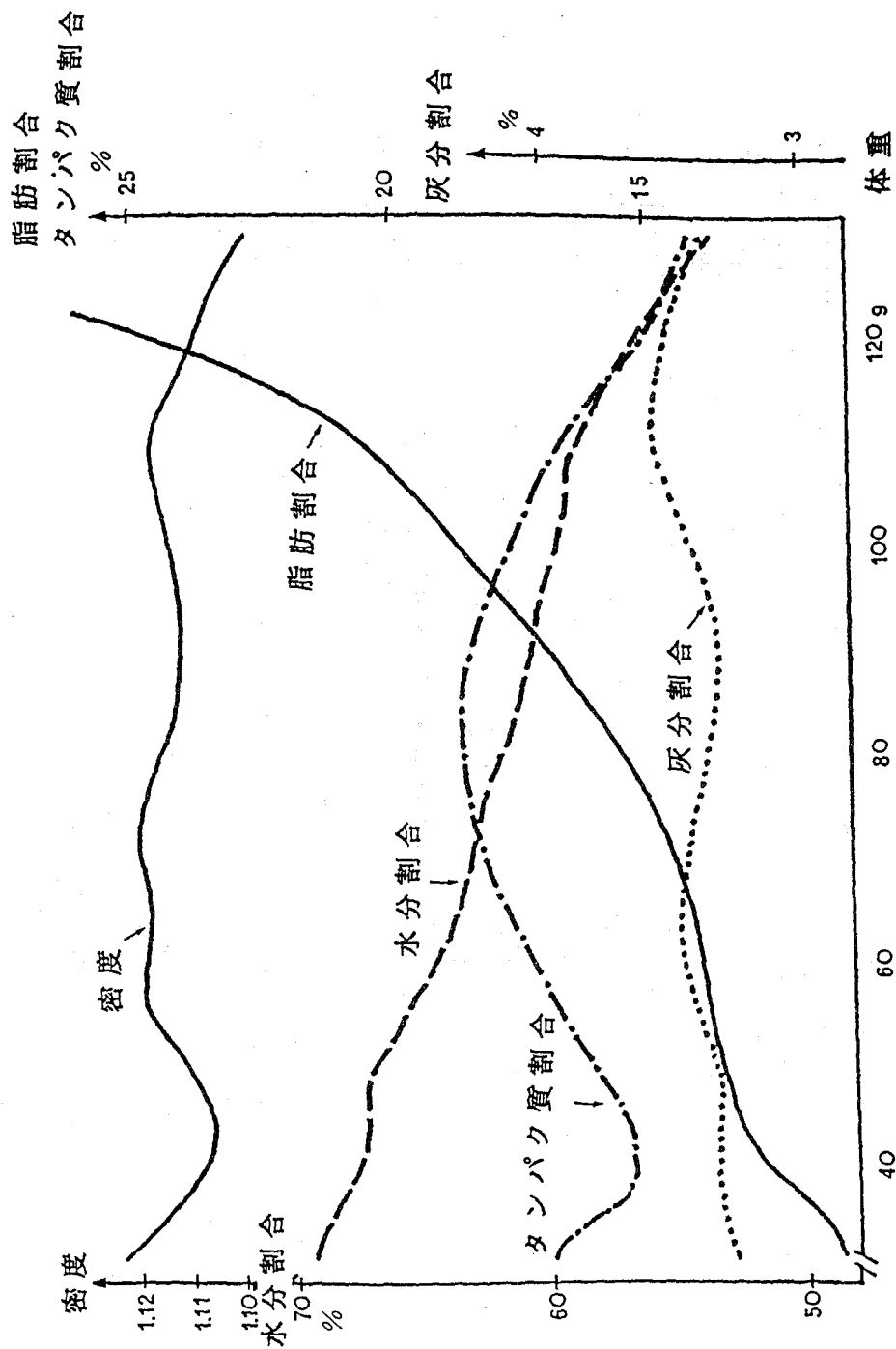


図-2 ハムスターの加齢にともなう化学的体構成の推移

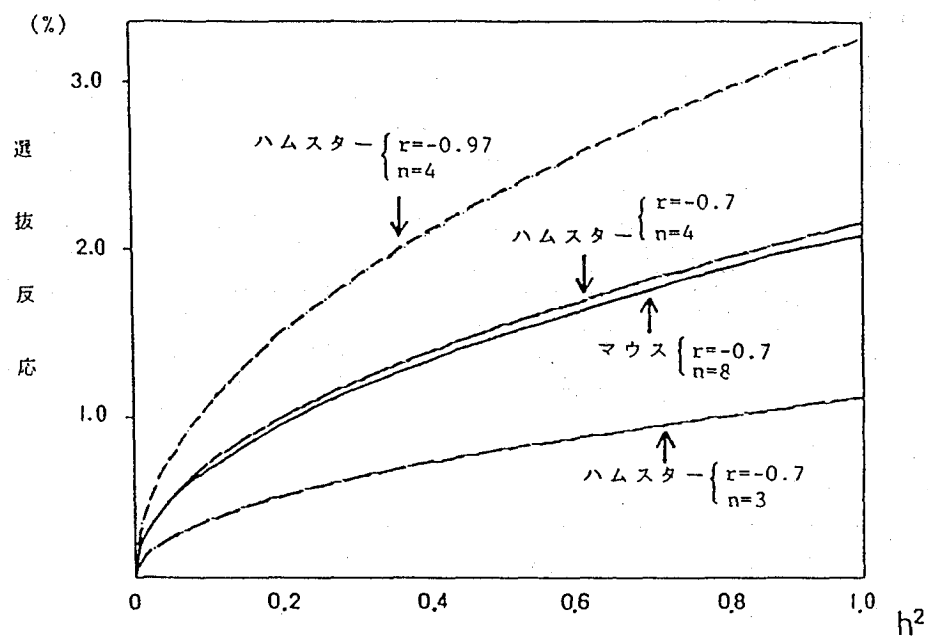


図-3 密度の遺伝率に対する脂肪の間接選抜反応の推定値

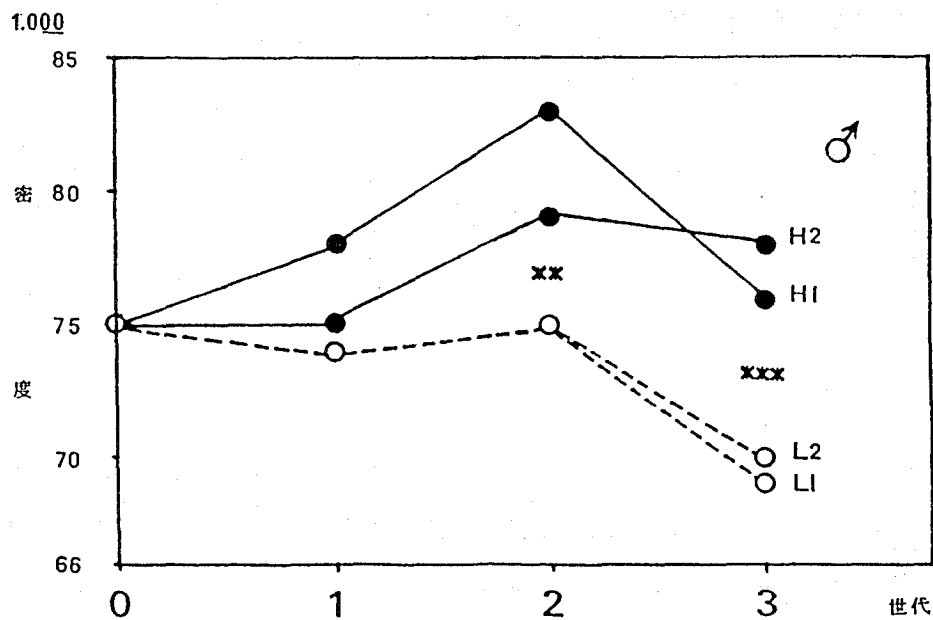
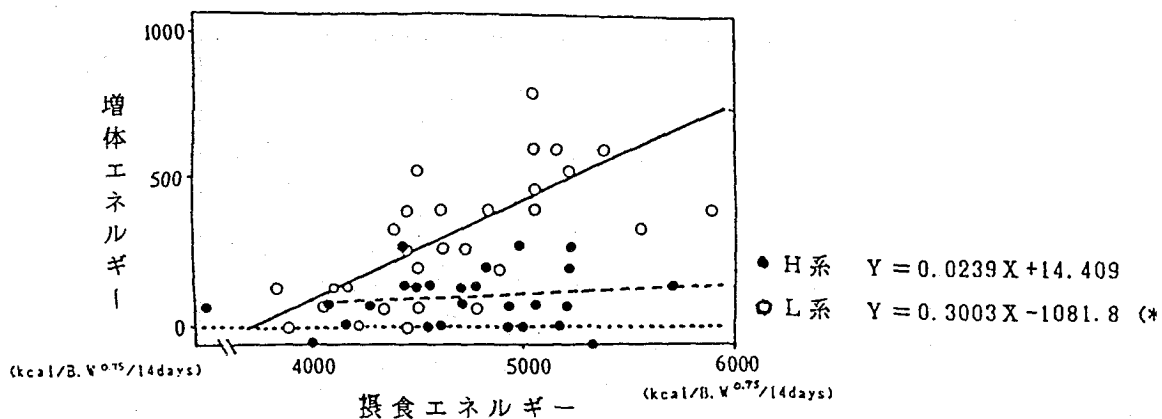
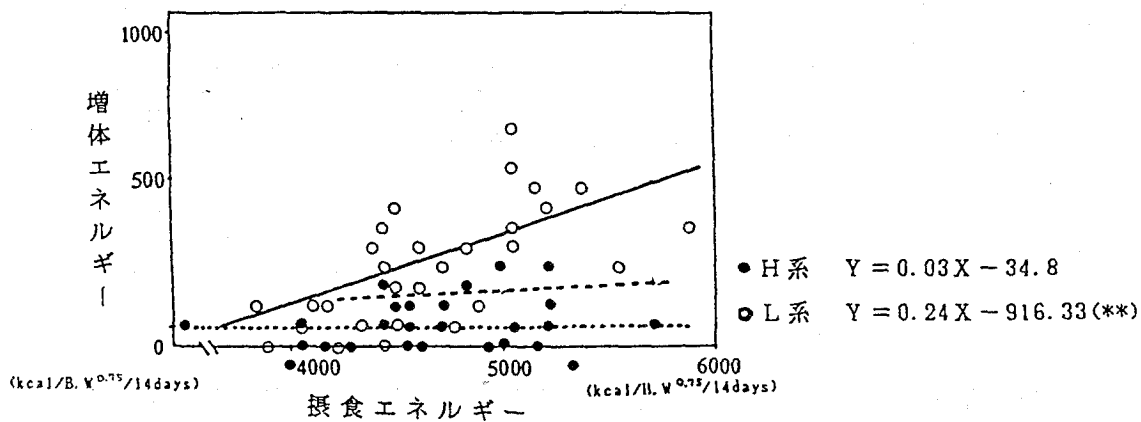


図-4 世代にともなう密度の変化 (雄)

全エネルギー



脂肪エネルギー



蛋白質エネルギー

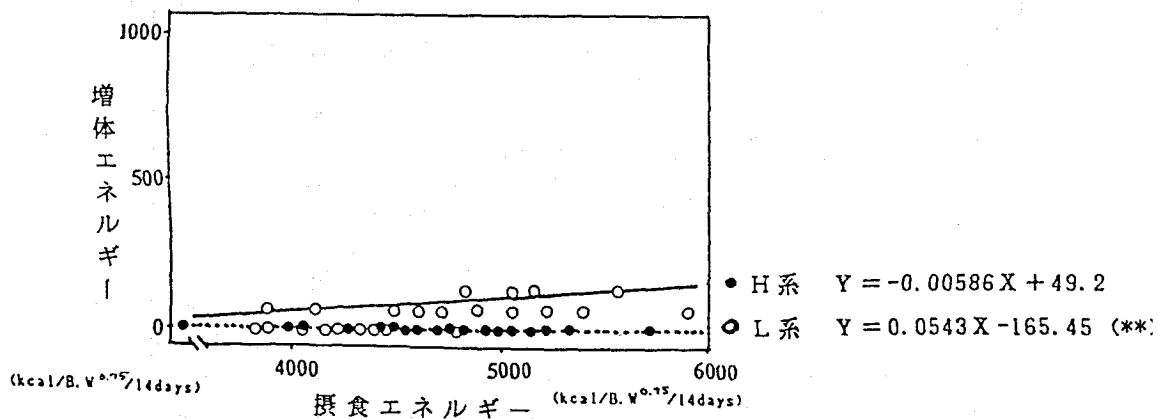


図-5 代謝エネルギーによる飼料のエネルギー転換効率の系統間比較

審 査 結 果 の 要 旨

生体のまま体脂肪を推定し、脂肪含量の異なる家畜を作出することが望まれている。そこで著者は、実験小動物を用い体の密度による選抜が、この目的を実現できるかを検討した。

密度は体重を体積で除した値である。したがって、生体の体積を体積計により正確に測定する必要がある。著者は2容器減圧法による体積計を改良し、体積計の精度を有効数字が小数以下2位である体積計の精度とほぼ同程度にすることに成功した。一方、動物側の生体密度が成長段階に伴ってどのように変化するかを調べ、ハムスターでは生体重90 g（マウスでは雄30 g，雌20 g）以上であれば体内の脂肪割合の多い少ないが、密度によく反映することを確かめた。

次にハムスターとマウスの生体密度と化学的体構成の遺伝率とそれらの形質間の遺伝相関を詳細に調べ、生体密度の選抜による体脂肪割合の変化を比較した。その結果、マウスを用いた選抜の方が確実な結果が得られると結論した。

そして、マウスを用いて生体密度の大方向（H）と小方向（L）へ、それぞれ2区を置く2反復ずつの選抜を実施した。基礎集団は、ICRのマウス雄500頭雌504頭で、雄30 g 雌20 g に到達したときに密度を測定して個体選抜を行なった。以後も同様に行ない各区雄13頭，雌26頭とし8週齢で交配した。産子は8頭に制限している。3世代まで選抜したが、2世代目からHとL系間に有意差がみられるようになり、3世代目ではさらにその差が開き、H系1,084，L系1,073の密度のものとなった。

生体密度による選抜効果が明瞭になったので、H系とL系間でマウスの化学的体構成を比較した。3世代目では高密度のH系は低密度のL系より体脂肪割合が3%少なく水分割合で2%，蛋白質割合が1%高くなっており、選抜の予測とほぼ一致した。なお、著者は両系統の脂肪細胞数や脂肪の大きさならびに飼料のエネルギーの転換効率を比較して、両系統の差を明らかにしている。

体重と体積を測定することによって求めた密度による選抜実験によって、マウスの体脂肪割合を変化させることを、初めて明らかにした著者の研究は、今後の家畜育種に有効な手段を示唆したことになる。よって、審査員一同は著者に農学博士の学位を授与するのが適当と判定した。